

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Drainase

Sistem drainase berfungsi sebagai komponen infrastruktur penting yang mengalirkan kelebihan air dari satu daerah ke daerah lain. Ini mencakup reservoir air buatan dan alami. Selanjutnya kelebihan air dibuang ke sumur, sungai, danau, laut, dan sistem resapan tambahan. Hasmar (2012) memberikan definisi komprehensif tentang drainase sebagai penyelidikan ilmiah tentang metode untuk menangani kelebihan air secara efektif dalam konteks pemanfaatan tertentu. Hal ini mencakup curah hujan, rembesan, dan sumber air lainnya yang ada di suatu wilayah tertentu, dengan tujuan untuk menjamin kelangsungan pengoperasian wilayah tersebut. Sistem drainase merupakan suatu sistem yang dirancang untuk mengelola aliran air dan menghindari genangan di suatu area. Sistem ini memiliki peran penting dalam menjaga lingkungan dan mencegah kerusakan yang dapat disebabkan oleh air yang tidak terkendali. Sistem drainase terdiri dari berbagai elemen, termasuk saluran air, saluran pembuangan, kolam retensi, dan infrastruktur lainnya.

Sistem drainase merujuk pada rangkaian infrastruktur dan fasilitas yang dirancang untuk mengelola aliran air permukaan dan air limbah, baik di lingkungan perkotaan maupun pedesaan. Tujuan utama dari sistem drainase adalah untuk mencegah banjir, menjaga keseimbangan air tanah, dan mengelola limbah air. Sistem ini melibatkan sejumlah elemen, termasuk saluran air, parit, pipa pembuangan, kolam retensi, dan fasilitas lainnya yang bekerja secara terintegrasi untuk mengarahkan air hujan dan air limbah ke lokasi yang ditentukan.

Desain sistem drainase mencakup beberapa aspek, seperti perencanaan kapasitas yang memadai untuk menangani volume air yang dihasilkan selama curah hujan, pengelolaan air hujan untuk mencegah genangan, dan pengolahan limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Sistem drainase perkotaan sering kali memerlukan teknologi canggih, seperti pompa air dan tanggul, untuk mengatasi tantangan dalam mengelola aliran air di lingkungan yang padat penduduk.

Selain itu, sistem drainase juga harus memperhitungkan faktor lingkungan dan keberlanjutan. Pendekatan yang berfokus pada pelestarian alam, seperti desain taman hujan dan penggunaan material permeabel, dapat membantu meminimalkan dampak negatif

terhadap ekosistem. Keseluruhan, sistem drainase adalah komponen vital dalam pengembangan kota yang berkelanjutan dan memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan hidrologi serta melindungi lingkungan dari risiko banjir dan pencemaran air.

Saluran air adalah bagian utama dari sistem drainase yang berfungsi sebagai jalur untuk mengalirkan air dari suatu tempat ke tempat lain. Saluran ini dapat dibangun dari berbagai material, seperti beton, batu, atau pipa plastik, tergantung pada kebutuhan dan kondisi geografis setempat. Selain itu, saluran pembuangan dirancang untuk mengarahkan air hujan atau air limbah dari permukaan tanah ke sistem drainase.

Kolam retensi adalah komponen lain yang sering dimasukkan dalam sistem drainase untuk menampung sementara air hujan berlebih. Kolam ini membantu mengurangi risiko banjir dan memungkinkan penyerapan air ke dalam tanah. Selain itu, infrastruktur tambahan seperti sumur resapan atau sumur biopori dapat digunakan untuk meningkatkan penyerapan air ke dalam tanah.

Pentingnya sistem drainase terutama terlihat dalam perkotaan, di mana lahan yang terbatas dan penutupan permukaan yang besar meningkatkan risiko genangan air. Perencanaan yang baik dan pemeliharaan rutin sistem drainase diperlukan untuk memastikan fungsionalitas optimal dan perlindungan lingkungan. Sebagai upaya berkelanjutan, teknologi hijau juga dapat diintegrasikan dalam sistem drainase, seperti penggunaan atap hijau atau lahan terbuka yang dapat menyerap air dan meningkatkan kualitas air.

Secara teknis, drainase adalah upaya untuk memitigasi dampak buruk dari permasalahan yang berhubungan dengan air seperti rembesan, rembesan, atau irigasi pada suatu wilayah atau bidang tanah tertentu (Gabriel, 2013).

Pengertian drainase dapat dipengaruhi oleh batas-batas atau kemampuan sistem drainase seperti yang dijelaskan oleh Defi (2014). Klasifikasi ini memperkenalkan istilah-istilah berikut.

Drainase permukaan berkaitan dengan pengelolaan kelebihan air yang timbul di atas atau pada permukaan air tanah, dengan penekanan khusus pada pengaturan aliran curah hujan.

1. Drainase bawah permukaan: Sistem ini menurunkan ketinggian air tanah untuk mencegah kelebihan air dengan mengatasi kelebihan air di bawah permukaan bumi atau di lapisan bawah tanah.

2. Drainase perkotaan: Dirancang khusus untuk menangani kelebihan air di wilayah berpenduduk padat, kategori ini mencakup sistem drainase permukaan dan bawah permukaan.

Lebih lanjut Mulyanto (2013) menjelaskan beberapa fungsi penting drainase, yaitu:

1. Penghilangan air dari kelebihan: proses mengalirkan kelebihan air untuk mencegah genangan di suatu wilayah.
2. Pengangkutan sampah dan pemurnian pencemaran: Saluran pembuangan air mempunyai fungsi di daerah perkotaan dengan mengangkut sampah dan memurnikan pencemaran.
3. Pengaturan arah dan kecepatan aliran: membantu pengaturan kecepatan dan arah aliran air untuk mengurangi kemungkinan terjadinya banjir dan genangan air.
4. Pengaturan tinggi muka air tanah berfungsi sebagai upaya preventif terhadap terbentuknya genangan air permukaan.
5. Mempertahankan sumber daya air alternatif: Pelestarian sumber air alternatif, seperti air tanah, dibantu oleh sistem drainase yang direncanakan dengan cermat.
6. Berfungsi sebagai infrastruktur penting di daerah perbukitan untuk mitigasi erosi dan menjaga kestabilan lereng.

2.1.1 Drainase Perkotaan

Drainase Sistem yang dimaksudkan untuk mengelola kelebihan air baik di atas maupun di bawah permukaan tanah disebut drainase. Istilah "drain" berasal dari kata kerja "drain", yang berarti proses menghilangkan atau mengeringkan air. Oleh karena itu, untuk mencegah terbentuknya genangan air dan genangan, tujuan utama drainase adalah membuang atau mengeringkan kelebihan air.

Drainase perkotaan adalah sistem yang dirancang untuk mengelola aliran air permukaan di dalam kota, termasuk air hujan dan air limbah domestik. Tujuan utama dari sistem drainase perkotaan adalah untuk mengendalikan volume dan arah aliran air hujan agar tidak menimbulkan banjir, erosi tanah, dan masalah lingkungan lainnya. Sistem ini mencakup jaringan saluran air, selokan, parit, pipa pembuangan, dan fasilitas lainnya yang membantu membuang air secara efisien dari permukaan kota.

Dengan urbanisasi yang meningkat, lahan yang tertutup oleh bangunan dan jalan-jalan perkotaan menyebabkan peningkatan aliran permukaan air hujan. Drainase perkotaan harus dirancang dan dikelola secara hati-hati agar mampu menangani beban air yang meningkat,

mencegah genangan, dan menjaga kualitas air. Pengelolaan yang baik termasuk desain taman hujan, penggunaan material permeabel, dan praktek-praktek pelestarian alam untuk mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan.

Selain mencegah banjir, sistem drainase perkotaan juga berperan dalam mengelola limbah domestik dan industri. Instalasi pengolahan air limbah perkotaan diperlukan untuk membersihkan air sebelum dilepaskan ke sungai atau laut, menjaga kebersihan dan kesehatan lingkungan. Oleh karena itu, perencanaan dan manajemen drainase perkotaan sangat penting dalam mendukung pembangunan perkotaan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Hasmar (2012) mendefinisikan drainase perkotaan/terapan sebagai bidang penelitian khusus yang mengevaluasi sistem drainase di lingkungan perkotaan dengan tetap mempertimbangkan kondisi sosial budaya dan lingkungan yang lazim di wilayah tersebut. Tujuan dari drainase perkotaan/terapan adalah untuk mengendalikan aliran air di lingkungan perkotaan yang meliputi permukiman, kawasan komersial dan industri, tempat parkir, instalasi militer, fasilitas telekomunikasi dan listrik, kampus, sekolah, rumah sakit, fasilitas umum, lapangan olah raga, dan bandara. Oleh karena itu, drainase perkotaan/terapan sangat penting dalam administrasi drainase air dan irigasi yang efektif di berbagai wilayah kota.

2.1.2 Sistem Drainase Perkotaan

Drainase perkotaan merujuk pada suatu infrastruktur yang dirancang khusus untuk mengatur aliran air hujan dan limbah di wilayah perkotaan. Tujuan utama dari sistem drainase ini adalah untuk menghindari terjadinya banjir, menjamin manajemen air yang efisien, serta melindungi lingkungan dari dampak buruk yang dapat timbul akibat kelimpahan air yang tidak terkendali. Berikut menurut para ahli :

1. Sistem drainase curah hujan eksklusif, juga dikenal sebagai drainase badai

Menurut Mulyanto (2012), sistem drainase ini telah dirancang dengan cermat untuk menangani drainase badai secara efektif, dengan kapasitas yang cukup untuk menghilangkan curah hujan secara efisien pada interval yang telah ditentukan. Frekuensi terjadinya hal ini bergantung pada kondisi regional dan faktor-faktor seperti biaya yang terkait dengan pembangunan sistem drainase. Frekuensi evakuasi di berbagai wilayah digambarkan sebagai berikut:

- a) Frekuensi maksimum setiap 5 tahun sekali di kawasan pemukiman
- b) Frekuensi maksimum setiap 10 tahun di wilayah komersial

c) Frekuensi maksimum setiap 10 tahun pada kawasan industri.

Sistem drainase ini dirancang untuk mengakomodasi frekuensi curah hujan tertentu sesuai dengan kebutuhan wilayah. Oleh karena itu, sistem drainase ini berfungsi sebagai sistem pengisian air tanah dan memfasilitasi pengurangan pencemaran air tanah, selain fungsi utamanya mengalirkan air hujan.

Salah satu manfaat utama sistem drainase limpasan ini adalah pemasangan dan pemeliharaannya yang mudah. Meskipun demikian, hal ini membutuhkan lahan yang cukup luas dan rentan terhadap infiltrasi sampah, khususnya sampah perkotaan. Oleh karena itu, meskipun terdapat keuntungan dari konstruksi yang tidak rumit dan pemeliharaan yang mudah, penting untuk menyadari kebutuhan luas lahan yang besar dan kerentanan terhadap infiltrasi sampah, terutama yang berasal dari perkotaan.

2. Sistem Drainase Air Limbah Saluran Pembuangan Limbah

Tujuan dari infrastruktur ini adalah untuk mengangkut dan mengumpulkan limbah kota untuk diolah di IPAL. Sebelum dibuang ke perairan terbuka, limbah diolah di instalasi pengolahan air limbah (IPAL) untuk mengurangi tingkat polutan dan memastikan kepatuhan terhadap standar kualitas air. Sistem drainase air limbah ini biasanya terletak di bawah tanah.

- a) Salah satu manfaatnya adalah tidak menghasilkan polusi.
- b) Tidak mengurangi estetika lingkungan.
- c) Dibangun dengan konstruksi kedap air untuk secara efektif menghambat infiltrasi limbah dan kontaminasi air tanah selanjutnya.

Salah satu kelemahannya adalah :

- a) meningkatnya biaya produksi.
- b) Sulit untuk dipelihara dan disanitasi. Dekomposisi anaerobik pada saluran tertutup sering kali menghasilkan emisi gas berbahaya yang menimbulkan risiko bagi personel pemeliharaan. Karena gas-gas ini mudah terbakar, percikan api pun berpotensi menyebabkan ledakan.
- c) Lubang got yang terputus-putus dibuat untuk memudahkan akses pemeliharaan. Pembuangan gas yang mudah menguap selama inspeksi lubang got secara berkala mengurangi potensi ledakan atau keracunan. Tikus mungkin menggunakan selokan tertutup sebagai tempat bersarang, sehingga mengakibatkan kerusakan properti dan risiko kesehatan. Biaya konstruksi, pengoperasian, dan pemeliharaan sistem drainase meningkat karena klasifikasinya menjadi dua kategori berbeda. Meskipun demikian,

pemerintah kota mendapatkan keuntungan dalam hal peningkatan sanitasi, kebersihan, dan struktur.

3. Sistem Terintegrasi

Sistem ini menggabungkan kelebihan dan kekurangan dari dua sistem yang berbeda. Sistem drainase gabungan digunakan di Indonesia; desainnya terbuka untuk memudahkan pembersihan tetapi rentan terhadap pembuangan sampah yang tidak tepat. Pembuangan limbah sistem ini ke perairan terbuka berpotensi mengandung limbah dan kontaminan dalam jumlah besar, sehingga mengancam keseimbangan lingkungan. Sistem terintegrasi memberikan keseimbangan antara manfaat seperti pembersihan yang mudah dan kelemahan terkait penggunaan dan dampak lingkungan.

2.1.3 Jenis Drainase

Terdapat beragam jenis drainase, dan dapat dikategorikan berdasarkan kriteria yang berbeda-beda, seperti yang dijelaskan oleh Hasmar (2012). Penjelasan rinci tentang berbagai jenis saluran drainase adalah sebagai berikut:

1. Menggambar dari catatan sejarah pembentukan:
 - a) Drainase alami: Terasing dari bangunan buatan, gorong-gorong, saluran pelimpah, dan pasangan bata beton, drainase alami berkembang secara organik. Saluran ini terbentuk ketika air mengalir secara alami mengikuti arah gravitasi, yang akhirnya berubah menjadi saluran air permanen menyerupai sungai.
 - b) Sistem drainase buatan dibuat khusus dan memerlukan penggunaan struktur tertentu, seperti gorong-gorong, saluran pipa, talang batu atau beton, dan sebagainya.
2. Klasifikasi saluran drainase menurut lokasi strukturnya dimungkinkan. Jenis drainase yang bergantung pada lokasi meliputi:
 - c) Drainase permukaan: Terletak di atas permukaan tanah, sistem ini mengalirkan air buangan permukaan. Analisis aliran saluran terbuka digunakan dalam analisis aliran.
 - d) Drainase bawah permukaan: Teknik ini memanfaatkan saluran bawah tanah, seperti jaringan pipa, untuk mengalihkan air limpasan permukaan untuk tujuan tertentu, seperti memenuhi persyaratan estetika dan fungsional permukaan tanah di taman, bandara, lapangan sepak bola, dan lain sebagainya.
3. Sesuai dengan fungsi drainasenya, drainase memperlancar pergerakan air dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah. Klasifikasi drainase menurut fungsinya antara lain:

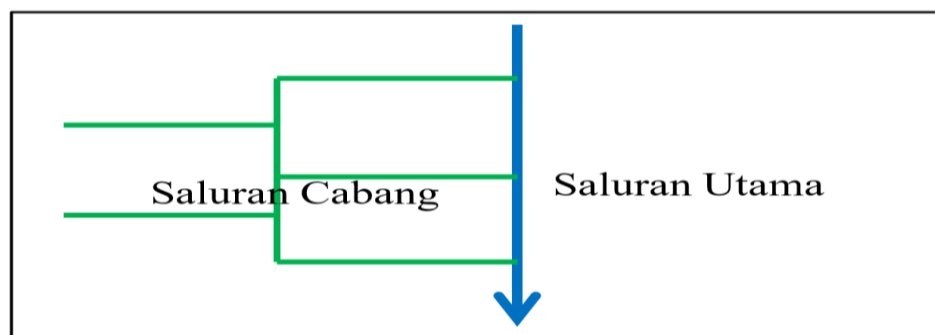
- e) Tujuan tunggal: Saluran yang dirancang khusus untuk mengalirkan air limbah jenis tertentu, seperti limpasan atau jenis air limbah alternatif.
 - f) Multiguna: Misalnya saja membuang air limbah rumah tangga dan air hujan secara bersamaan.
4. Dalam bidang desain drainase, pemahaman menyeluruh tentang jenis konstruksi sangat penting. Jenis drainase yang diklasifikasikan menurut konstruksinya meliputi:
- g) saluran terbuka: Saluran yang terhubung ke udara luar melalui bagian atas yang terbuka.
 - h) Saluran tertutup: Saluran yang bagian atasnya tertutup rapat dan tidak terkena udara sekitar. Sering digunakan untuk drainase perkotaan dan untuk membuang air yang terkontaminasi.

2.1.4 Pola Jaringan Drainase

Jaringan pada drainase terdapat lima pola yaitu :

1. Pola Jaring-jaring

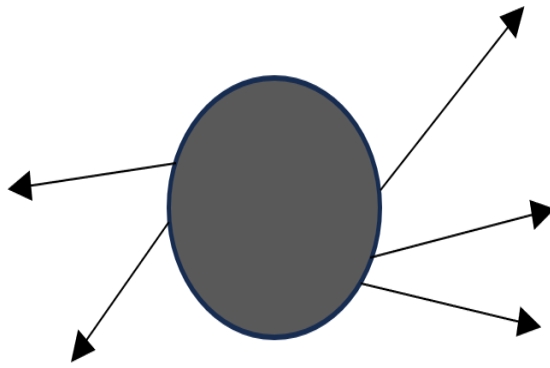
Untuk daerah dengan topografi datar, konfigurasi jaringan ini sering diterapkan untuk memperlancar aliran air dengan memasang saluran drainase yang sesuai dengan jalannya jalan. Untuk melihat ilustrasi pola jaringan ini, silakan lihat Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pola Jaring-jaring Pada Saluran Drainase

2. Pola Radial

Daerah berbukit merupakan lokasi tipikal untuk jaringan drainase radial, dimana saluran memanjang ke segala arah. Untuk representasi visual dari pola ini, lihat Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pola pada Jaringan Drainase Radial

Daerah pinggiran kota merupakan tempat di mana desain jaringan drainase jaringan besi umumnya diterapkan. Seperti digambarkan pada Gambar 2.3, saluran-saluran tambahan pada awalnya menyatu menjadi saluran pengumpulan primer di wilayah-wilayah ini.



Gambar 2.3 Jaringan Drainase *Grid Iron*

3. Pola Jaringan Pararel

Di pinggiran kota, pola jaringan drainase jaringan besi sering diterapkan. Saluran cabang menyatu menjadi saluran pengumpulan utama dalam konfigurasi ini. Jaringan yang dimaksud diilustrasikan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.4 Pola Pada Jaringan Saluran Drainase Pararel

4. Pola Jaringan Siku

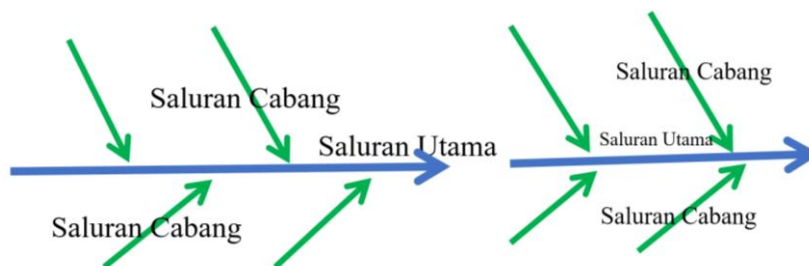
Berbeda dengan topografi sungai, wilayah yang topografinya agak meninggi menggunakan pola jaringan drainase siku. Sungai ini terletak di jantung kota metropolitan dan berfungsi sebagai saluran pembuangan utama. Untuk representasi visual pola jaringan siku, silakan lihat Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Pola Pada Jaringan Saluran Drainase Siku

5. Pola Jaringan Alamiah

Pola jaringan drainase alami seperti pola jaringan drainase siku mengalami peningkatan beban sungai. Pola jaringan alami, seperti diilustrasikan pada Gambar 2.6, membedakan dirinya dari pola siku.



Gambar 2.6 Pola Pada Jaringan Drainase Alamiah

2.1.5 Hidrologi

Bidang keilmuan hidrologi mengkaji karakteristik air, termasuk lokasi, pergerakan, dan sebarannya, di atmosfer, di permukaan bumi, dan di bawah permukaan. Disiplin ini menyelidiki transisi antara wujud air cair, padat, dan gas di atmosfer, yang mencakup lingkungan bawah tanah dan terestrial. Ahmad (2011) menekankan keterkaitan hidrolika dengan berbagai bidang keilmuan, antara lain meteorologi, klimatologi, geologi, kehutanan, ilmu tanah, dan hidrolika.

Hidrologi adalah cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari siklus air di bumi, termasuk distribusi, sirkulasi, dan properti air di atmosfer, permukaan bumi, dan dalam tanah. Lingkup hidrologi mencakup pemahaman tentang bagaimana air bergerak dan berinteraksi dengan berbagai elemen lingkungan, termasuk sungai, danau, reservoir, salju, gletser, tanah, dan atmosfer.

Ilmu hidrologi membahas proses-proses seperti evaporasi, transpirasi, presipitasi, limpasan permukaan, infiltrasi, dan aliran sungai. Data dan pengetahuan yang diperoleh melalui studi hidrologi sangat penting dalam mengelola sumber daya air, merencanakan tata guna lahan, dan memahami dampak perubahan iklim terhadap siklus hidrologi.

Hidrologi juga berperan dalam merancang infrastruktur pengelolaan air, seperti bendungan, saluran irigasi, dan sistem drainase. Penerapan prinsip hidrologi membantu mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya air, mengelola banjir, dan menjaga keberlanjutan lingkungan.

Secara keseluruhan, hidrologi memiliki peran krusial dalam memahami dan mengelola siklus air bumi, serta memberikan kontribusi penting dalam menjaga keberlanjutan dan keseimbangan ekosistem hidrologis.

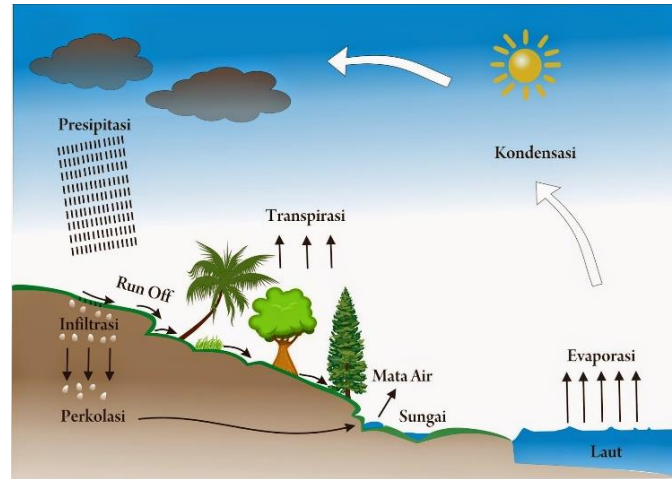
1. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi terdiri dari serangkaian proses yang saling berhubungan yang mengatur pergerakan air di planet kita. Prosesnya diawali dengan penguapan atau penguapan air dari berbagai perairan, termasuk danau, lautan, dan sungai. Hal ini pada akhirnya menghasilkan pembentukan awan melalui kondensasi. Selanjutnya presipitasi berupa salju atau hujan dibuang oleh awan tersebut dan turun ke permukaan bumi (Hasmar, 2012).

Mengikuti kemiringan alami tanah, sebagian curah hujan kemudian mengalir sebagai air limpasan melintasi permukaan tanah, dan akhirnya mencapai danau, sungai, atau laut terdekat. Pada saat yang sama, sebagian kecil dari curah hujan merembes ke lapisan tanah melalui mekanisme infiltrasi. Tingkat infiltrasi ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis tanah, vegetasi, dan kondisi permukaan tanah.

Air yang terinfiltrasi akan membentuk air tanah, yang dapat disimpan di dalam pori-pori batuan dan lapisan air tanah. Air tanah ini dapat menjadi sumber air untuk sumur, mata air, atau bahkan kembali ke permukaan melalui mata air. Selain itu, sebagian air tanah juga dapat mengalir ke sungai atau danau melalui aliran bawah tanah.

Siklus hidrologi berlanjut dengan penguapan dari permukaan tanah, danau, dan sungai, serta transpirasi dari tumbuhan. Uap air yang terbentuk kemudian naik ke atmosfer dan membentuk awan, sehingga siklus hidrologi dapat terus berulang.



Gambar 2.7 Siklus Hidrologi

2. Analisa Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan proses pengumpulan informasi dan data yang berkaitan dengan fenomena hidrologi. Dalam analisis ini, dikumpulkan berbagai keterangan dan fakta mengenai pergerakan air di lingkungan, seperti curah hujan, aliran sungai, dan kondisi hidrologis lainnya (Suripin, 2004). Fenomena hidrologi, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, mencakup berbagai keterangan dan fakta mengenai pergerakan air di lingkungan. Fenomena hidrologi meliputi curah hujan, suhu, penguapan, durasi sinar matahari, kecepatan angin, debit sungai, dan tinggi muka air. Hal-hal ini senantiasa berubah seiring waktu.

Pengumpulan, penghitungan, penyajian, dan interpretasi data hidrologi dilakukan dengan menggunakan prosedur tertentu untuk tujuan tertentu. Data-data hidrologi ini sangat penting dalam berbagai kegiatan, seperti perencanaan pengelolaan sumber daya air, mitigasi risiko banjir, dan pemodelan hidrologi.

Dengan mengumpulkan data hidrologi yang akurat dan mengikuti prosedur yang tepat, kita dapat memahami serta memprediksi pola dan tren hidrologi yang terjadi. Data hidrologi ini membantu dalam mengambil keputusan yang tepat dalam pengelolaan sumber daya air dan mitigasi risiko bencana.

2.1.6 Banjir

Situasi yang terjadi secara alami dimana air secara tak terduga melebihi kapasitas penyimpanan pada suatu wilayah tertentu merupakan banjir. Penyebab utama banjir adalah curah hujan yang tinggi, meluapnya sungai, dan rusaknya sistem drainase. Banjir dapat menimbulkan dampak yang parah, termasuk terendahnya infrastruktur, kawasan pemukiman, dan jalan raya, serta membahayakan nyawa manusia melalui kerugian ekonomi, kerugian harta benda, dan risiko keselamatan.

Banjir adalah peristiwa alam yang terjadi ketika air meluap dan melimpas dari tempatnya semula, seperti sungai, dan menyebar ke area yang biasanya kering. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk curah hujan yang tinggi, salju yang meleleh, gelombang pasang laut, atau kombinasi dari beberapa faktor tersebut.

Banjir dapat memiliki dampak yang serius terhadap lingkungan dan masyarakat. Air yang meluap dapat merusak tanaman, hewan, serta struktur bangunan dan infrastruktur. Selain itu, banjir juga dapat menyebabkan hilangnya nyawa manusia, mengakibatkan pengungsian massal, dan menimbulkan kerugian ekonomi yang besar.

Pengelolaan banjir melibatkan upaya untuk mengurangi risiko dan dampaknya. Ini mencakup pembangunan tanggul, saluran air yang baik, dan sistem drainase yang efisien. Selain itu, pendekatan pencegahan seperti pengelolaan tata air dan penanaman hutan di daerah resapan air juga dapat membantu mengurangi risiko banjir.

Banjir seringkali menjadi tantangan kompleks karena melibatkan faktor alam dan manusia. Oleh karena itu, pengelolaan yang holistik dan kolaboratif antara pemerintah, masyarakat, dan pemangku kepentingan lainnya sangat diperlukan untuk mengatasi permasalahan banjir dengan efektif.

Banjir dibedakan dengan penggenangan pada daerah yang biasanya kering akibat peningkatan volume air. (Suripin, 2004).

Sudut pandang alternatif, seperti yang diamati oleh Pramono dkk. (2009), mengkarakterisasi banjir sebagai kejadian alami yang diakibatkan oleh tingginya debit air sungai yang tidak normal akibat curah hujan yang terus-menerus. Akibatnya, sungai tersebut meluap dan menggenangi wilayah sekitar. Dampak dari fenomena banjir ini terhadap para korban sangatlah besar, baik dampak yang nyata maupun tidak nyata. Banjir dapat dipahami sebagai akibat dari presipitasi (masukan) yang terus menerus dan transformasi yang berlangsung dalam sistem terestrial. Ketika curah hujan terus menumpuk di bagian hulu sungai atau di suatu wilayah tertentu, aliran sungai saat ini tidak cukup untuk membawa

kelebihan air, sehingga menyebabkan meluap dan menyebabkan genangan di daerah sekitarnya.

2.2 Data Curah Hujan Daerah

Metode pengumpulan data curah hujan yang digunakan adalah dengan menggunakan alat pengukuran pluviometer otomatis, yang terpasang di stasiun tersebut dan direkam secara real-time setiap 15 menit. Data curah hujan yang terkumpul kemudian diolah dan disimpan dalam basis data yang terkelola dengan baik di Dinas Perairan Surabaya. Dengan menggunakan data curah hujan yang spesifik ini, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola curah hujan tahunan, bulanan, serta perubahan musiman di daerah Surabaya, dan menganalisis dampaknya terhadap sistem drainase yang ada.

2.2.1 Peta Tata Guna Lahan

Peta tata guna lahan ini memperlihatkan pembagian dan penggunaan lahan di wilayah tersebut. Informasi tata guna lahan ini diperoleh melalui penampakan visual pada *Google Earth*, yang memberikan gambaran yang cukup detail mengenai jenis dan penggunaan lahan di area penelitian. Dengan menggunakan peta tata guna lahan yang spesifik ini, penelitian dapat mengidentifikasi dan menganalisis pengaruh tata guna lahan terhadap aliran air di wilayah tersebut.

2.2.2 Peta Daerah Studi

Untuk memperoleh pemahaman yang lebih spesifik mengenai kondisi lokasi penelitian, diperlukan peta daerah studi yang terperinci. Peta ini memberikan gambaran yang lebih mendalam tentang fitur geografis, topografi, dan elemen lingkungan di wilayah penelitian. Informasi yang terdapat pada peta daerah studi diperoleh melalui *Google Earth*.

2.3 Landasan Teori

2.3.1 Menghitung Curah Hujan Rerata Maksimum

Curah hujan mengacu pada jumlah air hujan yang jatuh ke permukaan bumi dalam suatu wilayah dan periode waktu tertentu. Faktor penting ini memiliki dampak yang signifikan terhadap iklim, lingkungan, dan kehidupan sehari-hari manusia. Curah hujan diukur dalam milimeter atau inci dan dapat bervariasi secara signifikan berdasarkan lokasi dan musim.

Curah hujan memainkan peran penting dalam siklus hidrologi, menyediakan air untuk tanaman dan sumber daya air permukaan. Namun, tingkat curah hujan yang ekstrem dapat

menyebabkan banjir, tanah longsor, dan masalah lainnya. Oleh karena itu, pemantauan dan pemahaman yang baik terhadap pola curah hujan menjadi kunci dalam pengelolaan risiko bencana alam.

Selain itu, perubahan iklim juga dapat memengaruhi pola curah hujan, menyebabkan perubahan yang signifikan dalam distribusi dan intensitas hujan. Fenomena ini dapat memiliki dampak luas terhadap pertanian, sumber daya air, dan ekosistem alam. Oleh karena itu, pemahaman terkini tentang pola curah hujan menjadi sangat penting dalam konteks perubahan iklim global.

Ketepatan pengukuran curah hujan dan pemahaman yang mendalam terhadap dinamika curah hujan membantu dalam perencanaan tata guna lahan, manajemen sumber daya air, dan mitigasi risiko bencana terkait air, yang semuanya merupakan aspek penting dalam mencapai keberlanjutan lingkungan dan pembangunan yang berkelanjutan. Menghitung rerata curah hujan maksimum untuk mengambil nilai rata-rata dari data curah hujan maksimum yang terjadi dalam suatu periode waktu tertentu. Curah hujan maksimum mengacu pada jumlah hujan terbesar yang tercatat dalam periode waktu tersebut.

Dengan menghitung rerata curah hujan maksimum, dapat memperoleh gambaran tentang rata-rata curah hujan terbesar yang dapat terjadi di lokasi penelitian. Hal ini berguna dalam analisis hidrologi, perencanaan pengelolaan air, dan pemodelan banjir, di mana informasi tentang curah hujan maksimum sangat penting.

a. Metode Perhitungan Aljabar/Aritmatik

Dengan menggunakan metode Aljabar/Aritmatik, maka akan mendapatkan rata-rata curah hujan dengan menghitung jumlah curah hujan dari berbagai lokasi di dalam dan sekitar daerah tersebut, lalu membaginya dengan jumlah total lokasi yang dihitung.

$$R = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n} \quad (2.1)$$

Dengan,

R = Curah hujan rata-rata daerah (mm)

$R_1 \dots R_n$ = Curah hujan pada st.hujan (mm)

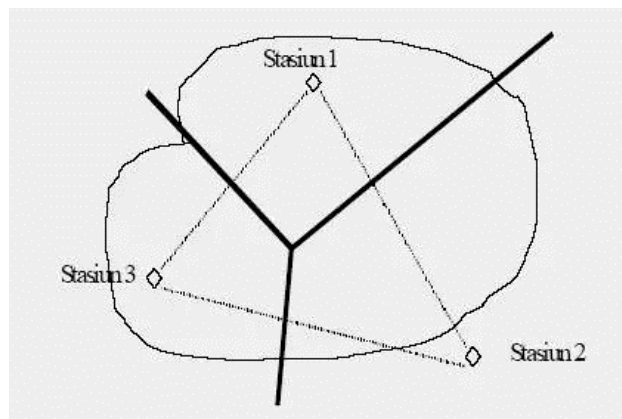
N = Jumlah stasiun

b. Metode Perhitungan Polygon Thiessen

Dalam prosedur ini, digunakan rata-rata tertimbang sebagai metode perhitungan. Metode ini lebih akurat dan objektif dibandingkan dengan pendekatan lain, sehingga sering digunakan dalam studi hidrologi.

Untuk mempertimbangkan pengaruh wilayah yang dicirikan oleh stasiun-stasiun yang mengalami curah hujan tidak teratur, digunakan faktor pembobotan, yang juga disebut sebagai koefisien Thiessen. Lokasi konstruksi harus mempertimbangkan seluruh daerah tangkapan air ketika memilih stasiun curah hujan.

Untuk menentukan besarnya koefisien Thiessen, luas pengaruh masing-masing stasiun hujan diperhitungkan.



Gambar 2.8 Stasiun Hujan Polygon Thiessen Pada DAS

Sehingga hujan rata-rata dapat dicari dengan :

$$R = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + A_3 R_3 + \dots + A_n R_n}{A_{total}} \quad (2.2)$$

Dengan,

R = Tinggi Curah hujan rata-rata

R_n = Curah hujan pada masing-masing setiap stasiun (mm)

A_n = Luas pada daerah yang di pengaruhi stasiun hujan

A_{total} = Luas DAS di keseluruhan

2.3.2 Perhitungan Hujan Rencana

Analisis data menggunakan parameter termasuk mean, deviasi standar, koefisien variasi, dan koefisien skewness untuk menghitung distribusi frekuensi, yang juga dikenal sebagai kemiringan.

Curah hujan merupakan faktor penting dalam analisis hidrologi, dan penilaian dilakukan dengan menggunakan metode manual dan mekanis selama durasi dua puluh empat jam. Data yang diperoleh berkaitan dengan volume curah hujan yang terjadi dalam satu hari. Kursus hidrologi sering kali menggabungkan berbagai distribusi frekuensi, yang semuanya didasarkan pada prinsip-prinsip statistik dasar.

Empat distribusi frekuensi umum yang sering digunakan dalam domain hidrologi. Distribusi tersebut adalah sebagai berikut :

- Distribusi Normal
- Distribusi Log Normal
- Distribusi Gumbel
- Distribusi Log Person Tipe III

a. Distribusi Normal

Distribusi normal yang dikenal juga dengan nama Distribusi Gaussian atau Distribusi Gaussian merupakan fungsi distribusi kumulatif yang sangat penting dalam bidang statistika. Distribusi normal mempunyai fungsi kepadatan probabilitas yang unik dan sering digunakan untuk menganalisis data yang mempunyai pola simetris dan berdistribusi normal. Dengan menggunakan distribusi normal, kita dapat mengukur probabilitas kejadian tertentu pada data yang simetris dan berdistribusi normal. Oleh karena itu, distribusi normal memang merupakan alat yang sangat berguna untuk menganalisis data dengan karakteristik tersebut.

$$X_T = \bar{x} + K_T \cdot S \tag{2.3}$$

Dengan,

X_T = Perkiraan nilai yang di harapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

\bar{x} = Nilai rata-rata

K_T = Faktor frekuensi

S = Standar deviasi

Seperti yang di tunjukkan pada **tabel 2.1** berikut :

Tabel 2.1 Nilai *Variabel Pada Reduksi Gauss*

No	Periode Ulang	T (tahun)	Peluang K_T
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,01	0,99	-2,33
4	1,05	0,95	-1,64

Lanjutan tabel 2.1 →

No	Periode Ulang	T (Tahun)	Peluang KT
5	1,11	0,9	-1,28
6	1,25	0,8	-0,84
7	1,33	0,75	0,67
8	1,43	0,7	0,52
9	1,67	0,6	0,25
10	2	0,5	0
11	2,5	0,4	0,25
12	3,33	0,3	0,52
13	4	0,25	0,67
14	5	0,2	0,84
15	10	0,1	1,28
16	20	0,05	1,64
17	50	0,02	2,05
18	100	0,01	2,33
19	200	0,005	2,58
20	500	0,002	2,88
21	1000	0,001	3,09

Sumber: Suripin, 2004

b. Distribusi Log Normal

Distribusi logaritma standar melibatkan konversi titik data X ke bentuk logaritmanya, yang direpresentasikan sebagai $Y = \log(X)$. Dilambangkan bahwa X menganut distribusi log-normal jika variabel acak $Y = \log(X)$ menampilkan distribusi normal. Peramalan curah hujan dalam kerangka distribusi log-normal dapat dilakukan melalui persamaan berikut:

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \cdot S \quad (2.4)$$

$$K_T = \frac{Y_T - \bar{Y}}{s} \quad (2.5)$$

Dengan,

Y_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun

\bar{Y} = Nilai rata-rata hitungan variant

s = Deviasi standar nilai variant

K_T = Faktor frekuensi

c. Distribusi Gumbel

Metode Gumbel adalah pendekatan khusus yang dirancang untuk pemeriksaan limpasan permukaan dan kejadian banjir di daerah aliran sungai (DAS) yang ditentukan. Metode Gumbel sangat penting untuk pengelolaan sumber daya air dan perencanaan banjir, karena metode ini memberikan data akurat mengenai perkiraan curah hujan tinggi di wilayah sungai. Informasi yang dihasilkan melalui pendekatan ini memberikan perkiraan curah hujan tertinggi yang tercatat pada tahun tertentu dan berfungsi sebagai komponen mendasar dalam prosedur pengambilan keputusan, seperti perancangan kawasan rawan banjir di sepanjang sungai, pembentukan waduk penyimpanan, dan pengembangan infrastruktur drainase (Fairizi, 2015). Distribusi Gumbel dibedakan dengan nilai Beton Kategoris (CK) tidak melebihi 5,4 dan Koefisien Skewness (CS) sebesar 1,139 atau kurang.

Pada metode ini dapat dihitung dengan persamaan berikut :

1. Menyusun data curah hujan (R_i) mulai dari nilai yang terbesar sampai nilai yang terkecil.
2. Menghitung rata-rata (R) dari tinggi hujan :

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} \quad (2.6)$$

3. Menghitung besar harga deviasi rata-rata (S_d) dari data hujan :

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum (R_i - \bar{R})^2}{n - 1}} \quad (2.7)$$

4. Menghitung besarnya harga $1/a$ dan b

$$\frac{1}{a} = \frac{S_R}{sn} \quad (2.8)$$

$$b = \bar{R} - \left(Y_n \times \frac{S_R}{sn} \right) \quad (2.9)$$

Persamaan Ekstarpolasi :

$$R_t = b + \frac{1}{a} \times Y_t \quad (2.10)$$

5. Perhitungan curah hujan dengan periode ulang pada persamaan distribusi Gumbel dengan Rumus :

$$Y_t = -\ln(-\ln(T_r - 1) / T_r) \quad (2.11)$$

Dengan,

R_T = Hujan max kala ulang periode t (tahun)

Y_T = Hujan harian max rata-rata

Y_n = Reduce variety

- S_R = Reduce mean
- S_n = Reduce standart duration
- S_d = Standar deviasi
- Tr = Periode ulang

d. Distribusi Log Person Tipe III

Tujuan penerapan metode Person Log Tipe III dalam perencanaan pengendalian banjir perkotaan adalah untuk memperoleh perkiraan curah hujan yang lebih akurat. Metodologi ini melibatkan konversi data curah hujan maksimum harian yang sudah ada ke dalam format logaritmik, yang konsisten dengan saran yang menyarankan penggunaan curah hujan minimum dengan periode ulang sepuluh tahun. Tujuan penerapan pendekatan ini adalah untuk menghasilkan data yang lebih akurat dan relevan mengenai kemungkinan terjadinya genangan di wilayah perkotaan. Oleh karena itu, hal ini akan mendukung para pembuat kebijakan dalam merancang strategi pengendalian banjir yang efektif. Distribusi Log Person Tipe III dibedakan dengan koefisien skewness (CS) yang bukan nol.

1. Menyusun data – data curah hujan (R_i) mulai dari nilai yang terbesar Sampai nilai yang terkecil.
2. Merubah sejumlah n curah hujan $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ ke dalam bentuk besaran logaritme, sehingga menjadi $\text{Log } R_1, \text{Log } R_2, \text{Log } R_3, \dots, \text{Log } R_n$. Selanjutnya dinyatakan dalam $\text{Log } R$
3. Menghitung besarnya harga rata – rata besaran logaritme ($\text{Log } R$) :

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log R_i}{n} \tag{2.12}$$

4. Menghitung besarnya harga deviasi rata – rata (S) dari besaran logaritma :

$$S \text{ Log}_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \text{Log} (R_i - R)^2}{n - 1}} \tag{2.13}$$

5. Menghitung harga koefisien kemencengan (C_s) dari besaran logaritma diatas :

$$C_s = \frac{n \times \sum_{i=0}^n (R_i - R)^3}{(n - 1)(n - 2)(\log SR^3)} \tag{2.14}$$

Dengan,

- R_i = Curah hujan rencana dengan kala ulang tertentu. (mm)
- R = Faktor frekuensi, koefisien yang didapatkan dari besarnya nilai C_s dan besarnya kala ulang
- S = Harga simpangan baku dari nilai cutah hujan harian max.

$\log x$ = Nilai rata-rata logaritma curah hujan max.

n = Banyaknya data

C_s = Koefisien kemiringan

Tabel 2.2 Frekuensi Reduksi Metode Log Person Tipe III

No	Cs	Probabilitas							
		50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
		Periode Ulang (Tahun)							
		2	5	10	25	50	100	200	1000
1	-3	0,396	0,636	0,66	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668
2	-2,5	0,36	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,8	0,802
3	-2,2	0,33	0,752	0,844	0,888	0,9	0,905	0,907	0,91
4	-2	0,307	0,777	0,895	0,959	0,98	0,99	0,995	1
5	-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097	1,13
6	-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216	1,28
7	-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,27	1,318	1,351	1,465
8	-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
9	-1	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,8
10	-0,3	0,05	0,853	1,245	1,643	1,89	2,104	2,294	2,675
11	-0,2	0,033	0,85	1,258	1,68	1,945	2,178	2,388	2,81
12	-0,1	0,017	0,836	1,27	1,716	2	2,252	2,482	2,95
13	0	0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,09
14	0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,4	2,67	3,235
15	0,2	-0,033	0,83	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,38
16	0,3	-0,05	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
17	0,4	-0,066	0,816	1,317	1,88	2,261	2,615	2,949	3,67
18	0,5	-0,083	0,808	1,323	1,91	2,311	2,686	3,041	3,815
19	0,6	-0,099	0,8	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,96
20	0,7	-0,116	0,79	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
21	0,8	-0,132	0,78	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,25
22	0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
23	1	-0,164	0,758	1,34	2,043	2,542	3,022	3,489	4,54
24	1,2	-0,195	0,732	1,34	2,087	2,626	3,149	3,661	4,82
25	1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,11
26	1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,78	3,388	3,99	5,39
27	1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,66
28	2	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,91
29	2,2	-0,33	0,574	1,284	2,24	2,97	3,705	4,444	6,2
30	2,5	-0,36	0,518	1,25	2,262	3,048	3,845	4,652	6,6
31	3	-0,396	0,42	1,18	2,278	3,152	4,051	4,97	7,25

Sumber : Sri Harto, Analisis Hidrologi, 2013

2.3.3 Uji Kecocokan Distribusi (*The Good Of Test*)

Triadmodjo (2010) mengidentifikasi dua metode yang digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian jenis distribusi tertentu untuk kumpulan data tertentu: Smirnov-Kolmogorov dan Chi-Square. Berdasarkan representasi grafis hubungan antara nilai probabilitas presipitasi atau debit pada kertas probabilitas, maka dilakukan pemeriksaan.

a) Uji *Chi-kuadrat*

Nilai X^2 dapat di tentukan menggunakan persamaan berikut :

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \quad (2.15)$$

Dengan,

X^2 = Nilai pada *Chi-kuadrat* terhitung

E_f = Frekuensi yang sesuai dengan pembagian pada kelas

O_f = Frekuensi terbaca pada kelas yang sama

n = Jumlah pada sub kelompok pada satu grup

Biasanya, nilai turunan X^2 harus lebih kecil dari nilai X_{cr2} (*Chi-kuadrat Kritis*) pada tingkat yang telah ditentukan sebesar 5%. Perhitungan derajat kebebasan dapat dilakukan melalui rumus berikut:

$$DK = K - (\alpha + 1) \quad (2.16)$$

Dengan,

Dk = Derajat kebebasan

K = Banyak kelas

α = Banyak Keterikatan, Untuk *Chi-kuadrat* adalah 2

Untuk Meghitung jumlah kelas K , dapat digunakan dengan cara persamaan berikut :

$$K = 1 + 3,322 \log n \quad (2.17)$$

Dengan,

K = Jumlah kelas

n = Jumlah n

Untuk menghitung nilai pada E_f , dapat digunakan persamaan berikut :

$$E_f = \frac{n}{k} \quad (2.18)$$

Dengan,

E_f = Frekuensi sesuai pembagian pada kelas nya

n = Jumlah data

K = Jumlah kelas

b) Uji *Smirnov Kolmogrov*

Metode Smirnov-Kolmogorov membandingkan probabilitas kumulatif sampel dengan distribusi kumulatif fungsi yang dipertimbangkan secara mendasar. Susunan sampelnya dalam urutan menaik dengan ukuran N . Selanjutnya diturunkan fungsi frekuensi kumulatif dengan menggunakan data yang telah diurutkan. Prosedur pengujian digambarkan sebagai berikut:

1. Mengurutkan data tersebut, baik dari yang terbesar ke terkecil atau sebaliknya, dan kemudian tentukan peluang dari masing-masing data.
2. Untuk menghitung probabilitas, digunakan persamaan Weibull.
3. Buatlah garis durasi Gumbel pada kertas Extreme Probability (terlampir) sesuai dengan persamaan yang telah dihitung. Dalam persamaan $X_t = b + 1/a Y_t$, masukkan 2 (dua) nilai Y_t untuk mendapatkan 2 (dua) nilai X_t . Kemudian, gambarlah garis lurus berdasarkan nilai-nilai tersebut. Begitu juga ketika menggunakan metode Log Person, lakukan plotting pada kertas Logaritma untuk pengujian.
4. Lakukan plot data curah hujan (X_i) terhadap probabilitas (P_e).
5. Hitunglah perbedaan antara probabilitas distribusi empiris (berdasarkan data lapangan) dengan probabilitas distribusi teoritis (berdasarkan persamaan garis ekstrapolasi), dan cari nilai dari Δ_{maks} .
6. Tentukan nilai kritis Δ_{Cr} pada tabel Smirnov Kolmogorov Test berdasarkan nilai N dan tingkat signifikansi α . Bandingkan antara nilai X_{2hit} dengan Δ_{Cr} . Jika nilai maksimum Δ lebih kecil dari Δ_{Cr} , maka hipotesis diterima.

$$P = \frac{100\% \times (m)}{n + 1} \tag{2.19}$$

Dengan,

P = Probabilitas *WEIBULL*

n = Ukuran pada sampel

m = Nomor Urut

Tabel 2.3 Nilai Pada Δ_{Cr} Untuk Uji *Smirnov Kolmogrov*

N	α = derajat kepercayaan			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67

Lanjutan tabel 2.3→

N	α = derajat kepercayaan			
	0,2	0,1	0,05	0,01
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,3	0,34	0,4
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,2	0,23	0,27

Sumber: Suripin, 2004

2.3.4 Metode Seleksi Curah Hujan Wilayah

Walaupun masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kekurangan, terdapat tiga kriteria yang dapat digunakan untuk menentukan metode mana yang tepat untuk diterapkan pada suatu daerah aliran sungai. Faktor penentunya, seperti digambarkan oleh Suripin dkk. (2004), dirinci pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Metode Seleksi Curah Hujan Pada Wilayah

Faktor-Faktor	Syarat-Syarat	Metode
Jaring-Jaring Pos Penakar Hujan Dalam DAS	Jumlah Pos Penakar Hujan Cukup	Metoda Isohiet, Thiessen Atau Rata-Rata Aljabar dapat dipakai
	Jumlah Pos Penakar Hujan Terbatas	Metoda Rata-Rata Aljabar atau Thiessen
	Pos Penakar Hujan Tunggal	Metoda Hujan Titik
Luas DAS	DAS Besar (>5000 km ²)	Metoda Isohiet
	DAS Sedang (500 s/d 5000 km ²)	Metoda Thiessen
	DAS Kecil (<500 km ²)	Metoda Rata-Rata Aljabar
Topografi DAS	Pegunungan	Metoda Rata-Rata Aljabar
	Dataran	Metoda Thiessen
	Berbukit dan Tidak Beraturan	Metoda Isohiet

Sumber : Suripin, 2004

2.3.5 Waktu Konsentrasi (*Time of concentration*)

Waktu yang dibutuhkan untuk air mengalir dari titik terjauh di daerah aliran ke titik kontrol tertentu di hilir saluran disebut sebagai waktu konsentrasi.

$$T_c = 0,0195 \times \frac{(L)^{0,77}}{S^{0,385}} \quad (2.20)$$

Dengan,

T_c = Waktu (menit)

L = Jarak saluran dari titik terjauh hingga titik yang dianalisis.

S = Kemiringan dasar Pada saluran

Berdasarkan tipe materialnya, jenis saluran untuk kemiringan dapat dilihat pada **tabel 2.5** berikut :

Tabel 2.5 Kemiringan Saluran Memanjang (S) Berdasarkan Tipe Material

No	Tipe Material	Kemiringan Saluran (S) %
1	Tanah Asli	0 – 5
2	Kerikil	5 – 7,5
3	Pasangan	7,5

Sumber : desain permukiman jalan No.008/T/BNKT?1990, BINA MARGA

2.3.6 Analisa Intensitas Hujan

Intensitas hujan mengukur tingkat curah hujan vertikal atau horizontal selama periode waktu tertentu. Salah satu ciri curah hujan yang menonjol adalah bahwa intensitasnya umumnya meningkat seiring dengan durasinya yang singkat; lebih jauh lagi, periode ulang yang diperpanjang menunjukkan intensitas yang meningkat.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.21)$$

Dengan,

I = Intensitas pada hujan (mm/jam)

t = Lamanya waktu hujan (jam)

t_c = Waktu terjadi konsentrasi hujan (jam)

R_{24} = Curah hujan max harian (24 jam) (mm)

2.3.7 Limpasan

Limpasan dihasilkan ketika aliran tertunda cekungan, aliran permukaan, dan aliran bawah permukaan berinteraksi. Debit permukaan menjadi pertimbangan penting selama

tahap desain sistem drainase, khususnya yang berkaitan dengan pengelolaan air hujan. Meski demikian, Suripin (2004) menggarisbawahi bahwa dalam upaya pengendalian banjir, debit juga menjadi pertimbangan selain aliran permukaan.

Limpasan merujuk pada air yang tidak dapat diserap oleh tanah atau diarahkan ke saluran air yang telah ditetapkan. Proses ini terjadi ketika curah hujan atau air yang mencair dari salju melampaui kapasitas penyerapan tanah atau permukaan yang tidak dapat menahan air lebih lanjut. Sebagai hasilnya, air bergerak melintasi permukaan tanah, membentuk aliran permukaan yang dapat mengalir ke saluran air, sungai, danau, atau laut terdekat.

Limpasan dapat menjadi faktor penting dalam siklus hidrologi, terutama dalam konteks hujan deras atau curah hujan yang tinggi. Tingkat limpasan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk jenis tanah, tutupan tanah, topografi, dan tata guna lahan. Peningkatan tata guna lahan perkotaan atau perubahan dalam lapisan tanah dapat meningkatkan risiko limpasan, memicu banjir, dan merugikan lingkungan.

Pengelolaan limpasan menjadi krusial dalam upaya mengurangi risiko banjir, erosi tanah, dan pencemaran air. Praktek-praktek konservasi, seperti pembuatan taman hujan atau penggunaan vegetasi penutup tanah, dapat membantu mengurangi tingkat limpasan, meningkatkan infiltrasi air, dan mendukung keberlanjutan lingkungan. Oleh karena itu, pemahaman yang baik tentang limpasan adalah penting dalam perencanaan tata guna lahan dan pengelolaan sumber daya air untuk mencapai lingkungan yang seimbang dan berkelanjutan.

1. Metode Perhitungan Rasional

Koefisien limpasan adalah metrik yang digunakan untuk mengukur volume air yang dialirkan melalui saluran drainase, dengan mempertimbangkan kapasitas infiltrasi curah hujan. Nilai koefisien ini ditentukan oleh kepadatan penduduk setempat dan bervariasi dari 0 hingga 1. Peningkatan kepadatan penduduk berkorelasi positif dengan peningkatan koefisien limpasan, yang pada gilirannya mendorong saluran drainase untuk menampung volume debit air yang lebih besar. .

Rumus yang digunakan untuk menghitung debit atau curah hujan adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (2.22)$$

Dengan,

- Q = Debit aliran air pada limpasan (m^3/det)
- C = Koefisien run off (berdasarkan pada standar baku)
- I = Intensitas pada hujan (mm/jam)

A = Luas pada daerah pengaliran (km^2)

0,278 = Konstanta

Apabila terdapat berbagai jenis tataguna lahan di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS), maka penentuan nilai C akan menggunakan nilai rata-rata. Dalam hal ini, koefisien pengaliran rata-rata (majemuk) akan digunakan.

$$C = \frac{A_1 \cdot C_1 + A_2 \cdot C_2 + A_3 \cdot C_3 + \dots A_n \cdot C_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots A_n} \quad (2.23)$$

Dengan,

C_n = Adalah Koefisien limpasan lahan

A_n = Adalah lahan ke- n

Berikut adalah tabel untuk melihat nilai koefisien pada limpasan C , sebagai berikut dapat dilihat pada **tabel 2.6** :

Tabel 2.6 Nilai koefisien C Pada limpasan

No	Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien C
1	Bisnis	
	Perkotaan	0,70 - 0,95
	Pinggiran	0,50 - 0,70
2	Perumahan	
	Rumah Tunggal	0,30 - 0,50
	Multiunit terpisah, terpisah	0,40 - 0,60
	Multiunit, Tergabung	0,60 - 0,75
	Perkampungan	0,25 - 0,40
	Apartemen	0,50 - 0,70
3	Industri	
	Ringan	0,50 - 0,80
	Berat	0,60 - 0,90
	Perkerasan	
	Aspal dan beton	0,70 - 0,95
	Batu bata dan paving	0,50 - 0,70
	Atap	0,75 - 0,95
	Halaman tanah berpasir	
	datar 2%	0,05 - 0,10
	rata-rata 2-7%	0,10 - 0,15
	curam 7%	0,15 - 0,20
	Halaman tanah berat	
	datar 2%	0,13 - 0,17
	rata-rata 2-7%	0,18 - 0,22
	curam 7%	0,25 - 0,35

No	Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien C
	Halaman kereta api	0,10 - 0,35
	Taman tempat bermain	0,20 - 0,35
	Taman, pekuburan	0,10 - 0,25
	Hutan	
	datar 0-5%	0,10 - 0,40
	bergelombang 5-105	0,25 - 0,25
	berbukit 10-30%	0,30 - 0,60

Sumber: Suripin, 2004

2. Metode Perhitungan Der Weduwen

Metode der Weduwen pertama kali diterbitkan pada tahun 1937 dan telah terbukti validitasnya untuk daerah seluas 100 km². Berikut adalah persamaan untuk menghitung debit menggunakan Der Weduwen :

$$Q_n = \alpha \times \beta \times q_n \times A \quad (2.24)$$

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta_q + 7} \quad (2.25)$$

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9}A}{120 + A} \quad (2.26)$$

$$q_n = \frac{R_n}{240} \frac{R_{24}}{1,45} \quad (2.27)$$

$$t = 0,25 \cdot L \cdot Q_n^{-0,125} \cdot I^{-0,25} \quad (2.28)$$

Dengan,

Q_n = Adalah debit banjir (m³/detik)

R_n = Adalah curah hujan harian max (mm/hari)

α = Adalah koefisien pengaliran/limpasan

β = Adalah angka koefisien pengurangan luas pada daerah hujan

q_n = Adalah curah hujan (m³/det/km²)

A = Adalah Luas cathment area (km²), sampai 100 km²

t = Adalah durasi lama curah hujan (jam)

L = Adalah panjang sungai (km)

I = Gradien Sungai/medan

3. Metode Perhitungan Haspers

Cara perhitungan pada Haspers memiliki kesamaan dengan metode Rasional, karena menggunakan beberapa koefisien dari perumusan Rasional.

Rumus umum yang digunakan pada perhitungan metode haspers sebagai berikut:

$$Q_n = \alpha \times \beta \times q_n \times A \quad (2.29)$$

a) Koefisien pada pengaliran α :

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 \cdot A^{0,7}}{1 + 0,075 \cdot A^{0,7}} \quad (2.30)$$

b) Koefisien Reduksi

$$\frac{1}{\beta} = + \frac{tr + 3,7 \cdot 10^{0,4 \cdot tr}}{tr^2 + 15} \times \frac{A^{0,75}}{12} \quad (2.31)$$

c) Waktu konsentrasi

$$tr = tc = 0,1 \times L^{0,8} \times I^{-0,3} \quad (2.32)$$

Untuk 2 jam < tr < 19 jam, untuk tr < 2 jam

d) Tinggi pada hujan

$$rt = \frac{tr \times R_{24}}{tr + 1} \quad (2.33)$$

$$rt = \frac{tr \times R_{24}}{tr + 1 - 0,0008(26 - R_{24})(2 - tr)^2} \quad (2.34)$$

e) Debit persatuan pada luas

$$q = \frac{rt}{3,6 + tr^2} \quad (2.35)$$

Dengan,

Q = Adalah debit periode ulang/debit persatuan pada luas (m³/detik)

α = Adalah koefisien pada pengaliran/limpasan

β = Adalah angka pada koefisien reduksi

q = Adalah hujan max (m³/detik/km²)

A = Adalah Luas cathment Area pada studi (km²)

$tr = tc$ = Adalah Waktu konsentrai (jam)

rt = Adalah curah hujan selama t (mm)

4. Metode perhitungan Hidrograf

Metode Hidrograf Satuan Sintetis yang dikembangkan oleh Dr. Nakayasu telah diterapkan dengan sukses di berbagai kesempatan di Jawa Timur, khususnya di Daerah Tangkapan Sungai (DTA) Sungai Brantas. Hasil yang diperoleh sejauh ini menunjukkan hasil yang memuaskan. Untuk memanfaatkan pendekatan ini, sejumlah atribut parameter

yang terkait dengan wilayah aliran yang bersangkutan sangat diperlukan. Parameter berikut disertakan:

- 1) Durasi waktu antara mulainya curah hujan dan puncaknya sebagaimana ditunjukkan oleh hidrograf (waktu puncak).
- 2) Selang waktu antara pusat presipitasi dan pusat hidrograf.
- 3) Dasar waktu hidrograf.
- 4) Pengukuran luas DAS.
- 5) Panjang saluran utama terpanjang.
- 6) Koefisien limpasan (koefisien aliran).

2.3.8 Debit Air Buangan

Pembuangan air yang tercemar berkaitan dengan jumlah air yang berasal dari berbagai sumber, termasuk namun tidak terbatas pada sampah rumah tangga, bangunan, dan instalasi. Untuk memperkirakan secara akurat volume air tercemar yang akan masuk ke sistem drainase, penting untuk memiliki pengetahuan sebelumnya tentang populasi dan rata-rata kebutuhan air di wilayah perencanaan, menurut Wicaksono (2014).

Untuk memperkirakan secara akurat jumlah air limbah yang akan meresap ke sistem drainase, penting untuk menentukan jumlah populasi di lingkungan Jalan Demak Surabaya. Per kapita, rata-rata kebutuhan air minum harian di wilayah ini berkisar antara 150 hingga 250 liter. Saat melakukan penghitungan volume air limbah yang dibuang, penting untuk memperhitungkan nilai C (koefisien drainase berbasis luas permukaan), yang berbeda antar wilayah yang disurvei karena korelasinya dengan kepadatan penduduk. Dengan cara berikut, nilai koefisien C yang diharapkan dipastikan:

- $C = 0,65$ untuk kepadatan pada penduduk di antara 50 - 150 orang/Ha
- $C = 0,70$ untuk kepadatan pada penduduk di antara 150 - 250 orang/Ha
- $C = 0,75$ untuk kepadatan pada penduduk di antara 250 - 350 orang/Ha
- $C = 0,80$ untuk kepadatan pada penduduk di atas 350 orang/Ha

Untuk limbah nya diantara 70-80% kebutuhan air bersih.

Untuk industri 25% air kotor penduduk.

$$Q_{ab} = C \times K_{ab} \times A \times K_p \quad (2.36)$$

Dengan,

Q_{ab} = Adalah Jumlah pada debit air

K_{ab} = Adalah Kebutuhan Air bersih pada penduduk

A = Adalah Luas Cathment Area studi

Kp = Adalah kepadatan penduduk pada studi

Metode Menghitung Jumlah Penduduk di Masa Depan yang akan datang:

- Laju pertumbuhan geometric (*Geometric rate of growth*)

$$P_n = P_o(1 + r)^n \quad (2.37)$$

- Laju pertumbuhan Eksponensial (*Exponential Rate of Growth*)

$$P_n = P_o \times e^{rn} \quad (2.38)$$

Dengan,

P_n = Adalah jumlah penduduk dari penduduk pada tahun ke n

P_o = Adalah jumlah pada penduduk pada tahun awal

r = Adalah laju pertumbuhan penduduk pada studi

n = Adalah jangka waktu dalam tahunan

E = Adalah bilangan pokok pada $\log \sim 2,718280$

Besarnya pertumbuhan jumlah penduduk didalam suatu daerah lokasi studi:

$$r = \frac{J_{n+1} - J_n}{J_n} \times 100\% \quad (2.39)$$

Dengan,

r = Adalah laju pertumbuhan penduduk pada studi

J_{n+1} = Adalah jumlah pada penduduk tahun $n+1$

J_n = Adalah jumlah pada penduduk tahun n

2.3.9 Analisa Hidrolika

Untuk menghindari genangan air yang dapat mengakibatkan banjir dan kerusakan infrastruktur, maka air hujan yang terkumpul di suatu kawasan harus segera dialirkan. Oleh karena itu, ukuran talang harus sesuai untuk menampung dan mengalirkan air hujan ke waduk atau sungai agar dapat mengalir dengan lancar. Faktor-faktor seperti data curah hujan historis, luas lahan, jenis tanah, tingkat infiltrasi, kemiringan lahan, dan kebutuhan penyimpanan air maksimum serta laju aliran perlu dipertimbangkan ketika menentukan ukuran saluran drainase. Dengan membuat perhitungan khusus berdasarkan faktor-faktor ini, Anda dapat memastikan bahwa saluran drainase Anda memiliki kapasitas yang sesuai untuk menangani debit air hujan yang terjadi di area tersebut, sehingga meminimalkan risiko banjir dan kerusakan.

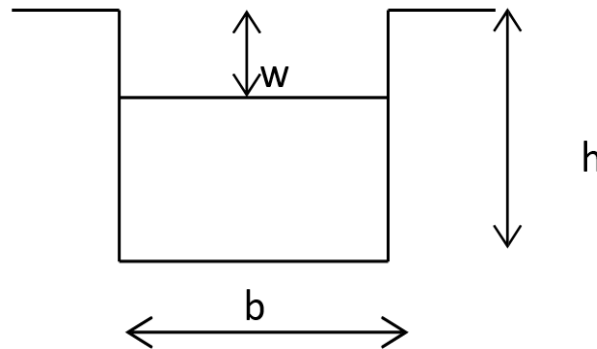
2.3.10 Saluran Persegi

Saluran drainase bentuk persegi ini (*U-ditch*), sudah banyak digunakan karena pemasangannya lebih efisien dan lebih hemat untuk anggaran biaya pada pembangunan drainase. Saluran ini sudah menjadi alternatif digunakan di dalam perkotaan karena pemasangannya yang begitu efisien. Bentuk *U-ditch* ini digunakan apabila:

- Debit pada (Q) nya besar
- Saluran terbuka.
- Jika pada (h) kecil, maka pada (b) harus besar

Untuk saluran yang lebih besar, batas atas elevasi air dalam saluran harus dipertahankan pada kedalaman 5 sentimeter di bawah tepi atas, sedangkan untuk saluran yang lebih kecil, sebaiknya 10 cm di bawah tepi atas. Variasi marginal ketinggian air, katakanlah satu sentimeter, dapat mempunyai pengaruh besar terhadap debit (Q) di saluran yang cukup lebar. Konstruksi saluran umumnya memerlukan penggunaan material seperti beton bertulang atau pasangan bata. Saluran yang lebar membuat bagian bawahnya tidak mengeras, sehingga memungkinkannya memanfaatkan tanah. Dinding saluran dilengkapi bukaan drainase, disebut juga lubang tangisan, yang dilapisi ijuk di bagian belakang dinding.

$$b = h = \frac{1}{2} b \quad (2.40)$$



Gambar 2.9 Penampang saluran bentuk Persegi

Berikut adalah rumus persamaan untuk menghitung debit pada penampang saluran bentuk persegi :

- Persamaan Untuk mencari luas penampang pada saluran persegi:

$$A = b \times h \quad (2.41)$$

- Persamaan untuk mencari Keliling basah pada saluran:

$$P = b + 2 \times h \quad (2.42)$$

- Persamaan untuk mencari jari-jari hidrolis pada saluran:

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.43)$$

- Persamaan untuk mencari kecepatan aliran pada saluran :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad (2.44)$$

- Persamaan untuk mencari debit pada saluran :

$$Q = A \times V \quad (2.45)$$

Dengan,

- Q = Adalah debit (m³/detik)
- V = Adalah kecepatan rata-rata pada aliran (m/detik)
- A = Adalah luas penampang basah pada saluran (m)
- P = Adalah Keliling basah pada penampang saluran (m)
- R = Adalah jari-jari hidrolis pada saluran (m)
- I = Adalah kemiringan pada dasar sungai rata-rata
- L = Adalah panjang saluran yang ditinjau di lokasi (m)
- b = Adalah lebar dasar pada saluran persegi
- H = Adalah Kedalaman air pada saluran (m)

Berikut adalah tabel kemiringan saluran yang direkomendasikan oleh US Bureau of Reclamation (USBR) dan harga koefisien manning. Dapat dilihat pada **tabel 2.7**, dan **tabel 2.8** berikut:

Tabel 2.7 Kemiringan dinding saluran

Tipe tanah	Kemiringan Dinding (m)	
	Kedalaman saluransampai 1,5 m	Kedalaman saluran >1,2 m
Turf	0	
Lempung keras	0,5	1
Geluh kelepungan dan geluh keliatan	1	1,5
Geluh kepasiran	1,5	2
Pasir	2	3

Sumber: US Bureau of Reclamation (USBR), 1987

Tabel 2.8 Harga Pada Koefisien Manning

Bahan	koefisien manning
	N
besi tuang dilapis	0.014
Kaca	0.010
saluran beton	0.013
bata dilapis mortar	0.015
pasangan batu di semen	0.025
saluran tanah bersih	0.022
saluran tanah	0.030
saluran dengan dasar batu dengan tebing	
rumput	0.040
saluran pada galian batu padas	0.040

2.3.11 Review Desain Dimensi Saluran

Dalam penelitian ini, akan dibahas evaluasi mengenai desain dimensi saluran yang memainkan peran penting dalam proses perencanaan dan pembangunan saluran air. Desain dimensi saluran melibatkan penentuan ukuran dan bentuk saluran yang optimal untuk memastikan aliran air yang efisien dan aman.

Saluran yang dirancang dengan dimensi yang tepat dapat mengoptimalkan kapasitas aliran air, mengurangi risiko banjir, dan meminimalkan erosi. Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam desain dimensi saluran meliputi kecepatan aliran air, kemiringan saluran, kebutuhan kapasitas saluran, dan jenis tanah di sekitar saluran.

Selain itu, dalam desain dimensi saluran, juga perlu mempertimbangkan aspek keberlanjutan dan lingkungan. Penggunaan bahan yang ramah lingkungan dan pemeliharaan saluran yang mudah harus menjadi pertimbangan utama dalam proses desain ini.

Dalam penelitian ini, akan dievaluasi berbagai pendekatan dan metode yang digunakan dalam desain dimensi saluran. Selain itu, juga akan dibahas perkembangan terkini dalam teknologi dan praktik terbaik dalam merancang dimensi saluran yang efektif dan efisien.